

桩基工程设计施工 及检测实用手册

主编：王珊



300

400

500

700

800

黑龙江人民出版社

桩基工程设计施工 及检测实用手册

王 珊 主编

(第一卷)

7.1 651
7.2 657

黑龙江人民出版社

责任编辑：刘桂华

装帧设计：张进学

《桩基工程设计施工及检测实用手册》

王 珊 主编

出 版 者 黑龙江人民出版社出版·发行
通讯地址 哈尔滨市南岗区宣庆小区 1 号楼
邮 编 150008
网 址 www.longpress.com E-mail hljrmcbs@yeah.net
印 刷 北京义飞福利印刷厂印刷
经 销 新华书店
开 本 787×1092 毫米 1/16 印张：129.625
字 数 3318 千字
印 数 1-1000 套
版 次 2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-207-05400-9 / TU·8

定 价 798.00 元

(如发现本书有印制质量问题,印刷厂负责调换)

《桩基工程设计施工及检测实用手册》

编 委 会

顾 问:

刘宝兴:中国铁道学会高级会员、中国地路委员会委员、中国岩石力学及岩土工程学会委员、铁道建筑研究设计院副总工程师、中国铁道建筑总公司深圳工程部总工程师、教授级高级工程师

马继国:中国建筑科学研究院中国建筑技术开发总公司第九分公司总经理兼总工程师、高级工程师

王晓东:铁道建筑研究设计院建筑设计事务所设计二部主任、高级工程师、国家一级注册监理工程师

蔡 蕾:德国汉堡哈堡科技大学(Technische Universitaet Hamburg Harburg)建筑工程专业,博士

主 编:

王 珊:原清华大学土木系教授

编 委:

费玉吉	杨晓涛	陈永大	李 涛	张 兵	于晓光
王 健	赵文伟	陈 林	谢志鹏	常 青	杨 丽
刘国荣	韩 杰	赵志强	黄咏梅	刘 鹰	杨绍炎
崔 静	朱建茂	王 虹	朱晓军	沈 宏	刘宇茗
赵立萌	赵 斌	牛 冶	吴 珊	王立华	胡永应
庞建国	王庭周	张 明	赵成龙		

前 言

桩基础是土木工程中经常采用的基础型式之一。随着我国国民经济迅速发展，国家不断增加对基础设施建设的投资，特别是江泽民总书记提出“西部大开发”战略，更加大了投入力度。高层建筑、公路、桥梁、港口和海上平台等工程大量兴建，各种类型的预制桩和钻、挖孔灌注桩在全国各地的使用愈来愈广泛。因此，对桩基设计、施工和检测的要求也越来越高。

本手册详细介绍了各种桩基，包括：预制桩、钢桩、灌注桩，抗滑桩、抗剪桩以及钢管桩的受力机理；分析了桩基的水平和竖直承载力及变形等；阐述了各种桩的适用条件、设计方法、施工工艺、机具设备和质量控制。还介绍了桩的荷载试验、小应变检测和动力检测以及桩的原位观测等。同时有针对性地选择了大量最新工程实例，以供读者参考。

在编写本手册过程中，作者力图在深度与广度、国内与国外、过去与现在、理论与实用等方面做到较完美的结合，突出了科学性、先进性、实用性。是一套理论联系实际、比较完整的、符合国情的桩基工程技术工具书。

由于水平有限，在编辑过程中难免有疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。在此也谨向给予我们热情关怀的领导和给予帮助的同志表示由衷感谢。

《桩基工程设计施工及检测实用手册》编委会

2002年4月北京

总 目 录

第一章	绪论	(1)
第二章	静荷下桩基工作性能	(6)
第三章	桩基分析理论	(78)
第四章	桩基础的地质勘察	(123)
第五章	桩基础的设计	(127)
第六章	特殊环境下的桩基设计	(487)
第七章	路基工程中的桩基	(566)
第八章	悬臂式围护结构	(657)
第九章	桥梁桩基础的设计	(694)
第十章	海岸与离岸工程桩基础	(737)
第十一章	单桩竖向承载力	(767)
第十二章	群桩的竖直承载力	(860)
第十三章	承台土反力	(894)
第十四章	桩基时间效应	(920)
第十五章	沉降计算	(925)
第十六章	群桩沉降计算	(957)
第十七章	单桩和群桩水平承载力位移	(993)

第十八章	桩基础抗震验算·····	(1093)
第十九章	预制混凝土桩施工·····	(1100)
第二十章	钢桩的施工·····	(1293)
第二十一章	灌注桩施工·····	(1329)
第二十二章	桩基水上施工·····	(1508)
第二十三章	特殊条件下的桩基施工·····	(1556)
第二十四章	桩的静载试验·····	(1618)
第二十五章	桩的质量检验和动力法测定竖向承载力·····	(1656)
第二十六章	桩基工程的原型观测·····	(1751)
附录一	建筑桩基技术规范·····	(1780)
附录二	基桩低应变动力检测规程·····	(1986)
附录三	基桩高应变动力检测规程·····	(2018)

分 目 录

(第一卷)

第一章 绪论	(1)
第一节 桩的定义及分类	(1)
第二节 桩基技术面临的挑战	(4)
第二章 静荷下桩基工作性能	(6)
第一节 单桩的工作性能	(6)
第二节 群桩的工作性能	(23)
第三节 负摩擦力桩	(55)
一、负摩阻力	(55)
二、桩的负摩阻力现场试验及三维有限元分析	(63)
第四节 抗拔桩、斜桩	(67)
第三章 桩基分析理论	(78)
第一节 桩基础分析理论的发展	(78)
第二节 线弹性地基反力法—m 法解答	(79)
第三节 弹性地基反力法数值分析解	(107)
第四节 提高弹性地基桩水平承载力措施	(120)
一、提高桩的刚度和强度	(120)
二、桩身的构造措施	(121)
三、提高桩周土抗力	(122)
第四章 桩基础的地质勘察	(123)
第一节 建筑场地的分类	(123)
第二节 建筑物的分类	(123)
第三节 桩基工程适用勘察要求	(123)
第四节 地下埋设物、邻近建筑物的调查	(126)
第五章 桩基础的设计	(127)
第一节 桩基础设计的一般要求	(127)
第二节 桩基设计的相关资料	(128)
第三节 荷载、荷载组合与荷载凝聚	(131)
一、荷载的确定	(132)
二、荷载组合	(142)
三、荷载凝聚	(143)

第四节 桩基承载力与截面关系指标·····	(144)
第五节 桩基极限状态及计算·····	(153)
第六节 桩基可靠性分析·····	(158)
第七节 桩基设计内容与设计步骤·····	(178)
一、桩基的设计思想·····	(178)
二、桩基设计内容和设计原则·····	(179)
三、设计的步骤·····	(181)
第八节 设计计算理论与方法·····	(185)
第九节 设计计算的深度和广度·····	(195)
第十节 规范在桩基设计中的作用·····	(196)
第十一节 疏桩理论·····	(199)
第十二节 桩型的选择·····	(200)
一、桩型选择的原则·····	(200)
二、设计中对桩型选择的考虑·····	(210)
第十三节 桩的布置原则·····	(211)
一、平面布置·····	(214)
二、竖向布置·····	(217)
第十四节 桩基结构型式·····	(228)
一、常用结构型式·····	(228)
二、设计中对桩基结构型式的考虑·····	(230)
第十五节 桩的几何尺寸和构造·····	(231)
一、桩径周长·····	(231)
二、特殊桩段的几何尺寸·····	(233)
三、桩的构造·····	(240)
第十六节 桩基的承载能力·····	(260)
一、桩基的竖向承载力·····	(260)
二、桩基的水平承载力·····	(327)
第十七节 桩基的沉降·····	(333)
一、单桩的沉降计算·····	(333)
二、群桩的沉降计算·····	(367)
工程实例·····	(400)
一、北京二环京哈立交 Z1 号桥钻孔灌注桩工程设计、施工、检测·····	(400)
二、121m 高办公楼砂土地基桩筏基础与上部结构共同作用实测研究·····	(435)
三、墙后路基填土分层碾压打桩侧向压实技术·····	(441)
四、芜湖长江大桥 $\phi 3.0\text{m}$ 大直径泥浆护壁钻孔桩的施工·····	(446)
五、带褥垫层减沉桩作用机理及现场实验研究·····	(452)

六、高层建筑桩枯逆作法应用研究·····	(457)
七、深圳机场航站楼扩建 $\phi 500$ 预应力高强混凝土管桩承载力分析·····	(466)
八、1780 工程人工挖孔灌注桩施工·····	(470)
九、大直径人工挖孔桩的设计与施工·····	(475)
十、应用软岩层载荷试验成果设计大直径挖孔扩底桩·····	(481)
第六章 特殊环境下的桩基设计 ·····	(487)
第一节 软弱土地层中的桩基设计·····	(487)
一、设计中的考虑·····	(487)
二、软土地层中桩基设计的新理论和新方法·····	(488)
三、软土地区桩基的设计原则·····	(493)
第二节 填土地层中的桩基设计·····	(493)
一、填土地层的特点·····	(493)
二、设计中的考虑·····	(494)
三、填土地层中桩基工程实例·····	(499)
第三节 黄土地区中的桩基设计·····	(502)
一、湿陷性黄土地层的工程特点·····	(502)
二、设计中的考虑·····	(504)
三、湿陷性黄土地区中桩基设计工程实例·····	(507)
第四节 膨胀土地区中的桩基设计·····	(511)
一、膨胀土地层的工程特点·····	(511)
二、设计中的考虑·····	(520)
三、设计参数与计算公式·····	(523)
四、膨胀土地区中桩基设计工程实例·····	(533)
第五节 冻土地区中的桩基设计·····	(536)
一、冻土地层的工程特点·····	(537)
二、设计中的考虑·····	(538)
三、设计参数与计算公式·····	(539)
工程实例·····	(543)
第六节 岩溶地区中的桩基设计·····	(544)
一、岩溶地层的工程特点·····	(544)
二、设计中的考虑·····	(545)
三、设计参数与计算公式·····	(547)
四、岩溶地区中桩基设计工程实例·····	(550)
第七节 抗震设防区的桩基设计·····	(553)
一、设计中的考虑·····	(553)
二、国外关于地震设防区桩基设计的若干作法·····	(555)

三、抗震设防区桩基的桩型选用及桩身设计·····	(558)
第八节 临水或水中桩基础的设计·····	(562)
第七章 路基工程中的桩基·····	(566)
第一节 单桩承载力的确定·····	(566)
一、单桩竖向承载力·····	(566)
二、桩的负摩擦力的确定·····	(594)
三、桩(墩)的水平承载力·····	(596)
四、单桩(墩)的抗拔力·····	(600)
五、关于桩的载荷试验·····	(601)
第二节 群桩的承载力和沉降·····	(601)
一、单桩与群桩的划分·····	(601)
二、群桩的承载力·····	(602)
三、群桩(墩)的沉降·····	(603)
第三节 打入桩的沉桩可能性和锤型选择·····	(605)
第四节 抗滑桩的设计与计算·····	(608)
一、抗滑桩设计的要求和步骤·····	(608)
二、抗滑桩设计的基本假定·····	(609)
三、抗滑桩的要素设计·····	(614)
四、刚性桩的计算·····	(617)
五、弹性桩的计算·····	(625)
六、计算示例·····	(630)
工程实例·····	(642)
一、水泥—土搅拌桩复合地基在高等级公路软弱路基中的应用·····	(642)
二、干振碎石桩处理高速公路液化地基效果分析·····	(647)

第一章 绪 论

第一节 桩的定义及分类

桩是设置于土中的竖直或倾斜的基础构件或支护构件，它的横截面尺寸比长度小得多。严格地说，一般在工程实践中所谓的“桩”，指的应该是“桩基”，它是包括桩和桩间土在内的一种深基础。通常将直径较大而桩长较短的桩称之为“墩”，它多见于承载力很大的端承桩。在某些情况，人们往往将打入土中用以防渗阻水的构件亦称为桩，例如钢板桩等。

桩的种类繁多，按不同的分类标准可以划分出不同的桩型，在桩基应用的漫长历史年代中，人们研制和发展出形形色色的桩。有的深基础，例如地下连续墙，它通过比较长而薄的构件把荷载传递到地基上，其作用类似于桩，可广义地称之为“桩墙”。为了直观和明确地了解桩的分类，表1-1中给出了桩的型谱；图1-1中给出了桩的截面、桩身、桩尖与扩大桩脚的不同形式。工程实践中常见的其他分类分别见表1-2和表1-3。

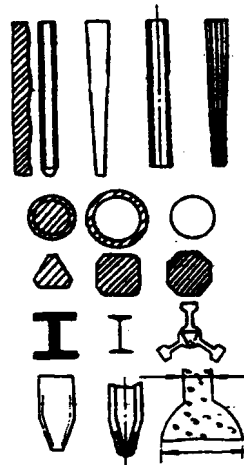


图1-1 桩的截面、桩尖与扩大桩脚的不同形式

表1-1 桩 的 型 谱

序号	桩 型 (按桩身材料划分)	制桩方式	桩 种 (按成桩工艺划分)	截面形状					桩身形状		
							异形 T、H、I		扩底	竹节	等截面
1	钢 筋 混 凝 土 桩	预 制 桩	常规锤击桩	✓							✓
2			低配筋桩								
3			预应力钢筋混凝土桩		✓						✓
4			冷拔丝预应力管桩			✓					
5			槽板桩								
6			异形桩				✓	✓			
7		灌 注 桩	射水桩	✓	✓						
8			预钻孔桩		✓						
9			静压预制桩	✓	✓						
10			静压振动预制桩	✓							
11			锤击沉管灌注桩		✓						
12			静压振动沉管灌注桩		✓						
13			内击式沉管灌注桩		✓				✓		
14			高强度嵌岩灌注桩		✓						
15			双模管振动扩底灌注桩		✓				✓		

序号	桩 型 (按桩身材料划分)	制桩方式	桩 种 (按成桩工艺划分)	截面形状					桩身形状		
							异形 T、H、I		扩底	竹节	等截面
16	钢 筋 混 凝 土 桩	灌 注 桩	钻（冲）孔灌注桩		✓						
17			人工挖孔灌注桩		✓						
18			钻孔墩		✓						
19			Barrettes 桩	✓							
20			低压灌浆桩（树根桩）		✓						
21		预 制 - 灌 注 组 合 桩	预制 - 灌注组合桩		✓						
22			多分支承力盘混凝土桩								
23			预制扩大头灌注桩		✓				✓		
24			薄壁管接长灌注桩		✓	✓					✓
25			钢 桩	工 厂 预 制 桩	静压钢管桩			✓			
26	开口钢管桩					✓					
27	钢板桩										
28	植入钢桩					✓					
29	常规实心钢桩					✓					
30	天 然 材 料 桩	预 制 或 现 场 灌 注			石桩	✓					
31			砂桩		✓						
32			灰土桩（土桩）		✓						
33			石灰桩		✓						
34			木桩		✓						
35			竹桩			✓					
36			碎石桩		✓						
37			水 泥 土 桩	现 场 搅 拌	深层粉体喷射搅拌桩		✓				
38	深层水泥搅拌桩				✓						
39	旋喷桩				✓						
40	加筋水泥搅拌桩				✓						
41	砂 浆 桩	现 场 压 注			砂浆防渗板桩				✓		
42			灌浆桩		✓						
43	特 种 (改良) 型	制 或 现 场 灌 注	(夯、压、爆、振)扩桩		✓				✓		
44			预应力高强度竹节桩								
45			灌浆处理桩		✓						
46			高承载摩擦钻孔桩		✓						
47			热加固处理桩								
48			变截面桩								
49			超大直径桩								
50			减沉桩		✓						

表 1-2 桩的施工类型

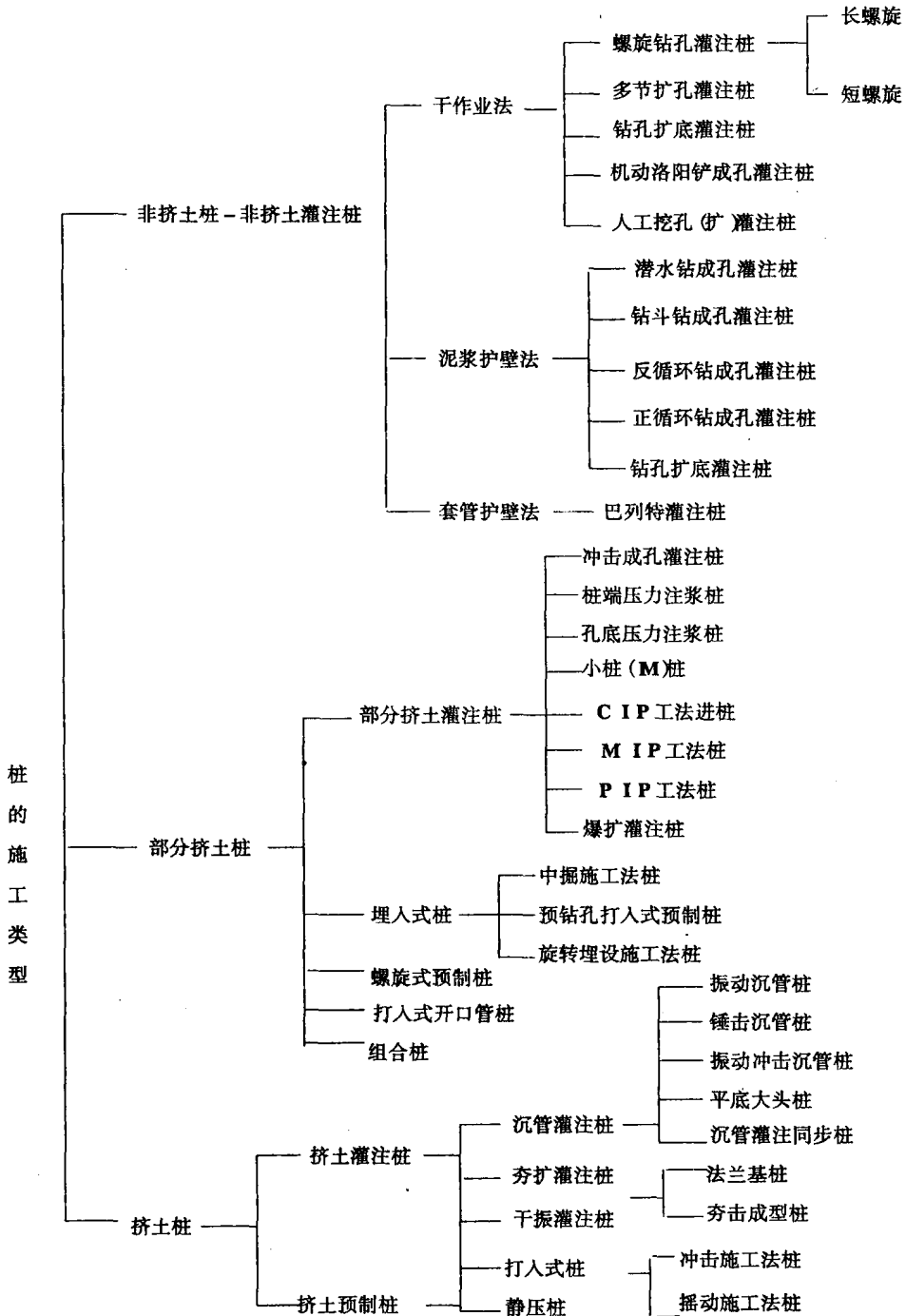


表 1-3 横向荷载下桩的分类

桩 分 类	桩 顶 自 由		
计 算 方 法	Broms 法	“m” 法	美国规范
刚 性 桩	$\bar{h} \leq 1.5$	$\bar{h} \leq 2.5$	$\bar{h} \leq 2.0$
半 刚 性 桩	$1.5 < \bar{h} < 2.5$	$2.5 < \bar{h} < 4.0$	$2.0 < \bar{h} < 4.0$
柔 性 桩	$\bar{h} \geq 2.5$	$h \geq 4.0$	$h \geq 4.0$
桩 分 类	桩 顶 嵌 固		
计 算 方 法	Broms 法	“m” 法	美国规范
刚 性 桩	$\bar{h} \leq 0.5$	$\bar{h} \leq 2.5$	$\bar{h} \leq 2.0$
半 刚 性 桩	$0.5 < \bar{h} < 2.25$	$2.5 < \bar{h} < 4.0$	$2.0 < \bar{h} < 4.0$
柔 性 桩	$\bar{h} \geq 2.25$	$h \geq 4.0$	$h \geq 4.0$

注：1. 布诺姆斯（Broms）法系指 Broms 提出的粘性土中桩的计算方法，其中 $\beta = \sqrt[5]{kD/4EI}$ 。

2. “m” 法中， $\alpha = \sqrt[5]{\frac{mb_0}{EI}}$ 。

3. 美国规范系指美国混凝土学会 1973 年推荐的《钻（挖）孔桩基础设计与施工规范》。其中，桩土特征

系数 $\alpha = \sqrt[5]{\frac{mb_0}{EI}}$ 。

第二节 桩基技术面临的挑战

尽管，桩基技术在进入现代化阶段以后获得了迅速的发展，但也应当指出，就我国桩基工程的现状来看，它也面临着来自几个方面的挑战：

1. 由于竞争机制的引入，业主对桩基工程的造价、工程进度和工程质量的要求越来越高，使得桩基技术越来越显得重要，而对它的要求也就几乎近于苛求的程度。如所周知，事实上不可能有一种万能的桩型，不同的结构和地质条件要求不同的桩型，但同一工程却也可能有几种桩型可以采用，那就看谁的承载力大、工期短、造价低？为了击败对手，取得工程的承包权，施工单位必须尽力改进技术，推出新的桩型或工艺，因为正如著名的法国细菌学家尼科尔（Charles Nicolle）所说的：“机遇只垂青那些懂得怎样追求她的人。”而且，挑战还来自桩工行业之外，对于同一个工程，往往足以与桩基抗衡的还有其他的基础型式或工艺，在有些情况下，它也许占有某种优势。

2. 桩基技术面临的挑战来自工程建设迅速发展的迫人的形势。建筑工程的规模和难度越来越大，对减小环境不良效应的要求更高，而且大多数地质条件恶劣，正所谓“道出一尺，魔高一丈”，桩基设计人员往往可能面对这样一种情况：现有的各种桩型似乎没有一种适合当前的情况，所以或者放弃采用桩基，或者推陈出新，提出新奇的设想并战胜自己最初的抗拒心理而勇敢付之实施。

3. 在许多情况下，实施一个正确的桩基设计往往遇到的困难不少。首先是设备条

件的限制,我国的桩工机械行业基础差、发展时间较短。桩工机械在产品品种、规格、产量、质量及服务方面都未能充分满足桩基施工的广泛需求。“巧媳妇难为无米之炊”,如何解决供需矛盾是桩基技术发展面临的挑战的第三个方面。为此,有的文献强调指出,要加速桩工机械机、电、液一体化的进程,以改善和克服操纵落后、准确度低、劳动强度较大、施工过程显示记录控制落后、施工效率不高、施工过程安全保护装置落后,易发生安全事故等缺点。

综上所述,桩基技术从古老的初期阶段发展到现代化阶段经历了漫长的过程,取得了今天的高速的发展,但在它发展的同时也面临着严峻的挑战和开始出现许多无法回壁的矛盾。

第二章 静荷下桩基工作性能

第一节 单桩的工作性能

桩的加荷方式与其功能有关,例如承受轴向压力的桩以竖向荷载为主,抗拔桩以轴向拔力为主,而基坑围护桩以及高层建筑的基础桩则承受作用于与桩身轴线相垂直方向的以力或力矩形式施加的横向荷载(图2-1)。

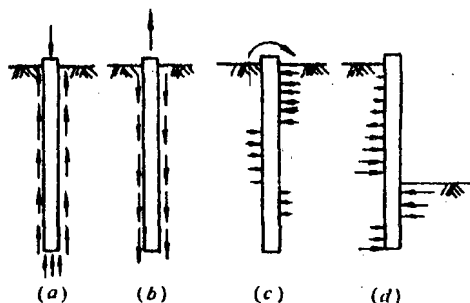


图2-1 不同功能及加荷方式的桩

(a) 受压桩; (b) 抗拔桩;
c) 横向荷载主动桩; (d) 横向荷载被动桩

对单桩工作性能的探讨,主要是分析土与桩的相互作用、桩的荷载传递机理、破坏模式、承载力的发挥以及变形等。

1. 竖向承载桩

在桩基工程实践中,应用最广的是在竖向荷载作用下的桩。经验表明,竖向荷载作用下的桩土相互作用问题对桩基的设计和施工影响较大,但关于单桩及桩群向邻近土体传递应力的机理,至今还有许多方面尚未弄清。这是由于过去对这个问题的认识主要来自两个途径:一是桩的小比例尺模型试验和桩的现场静载试验,二是利用弹性理论及数值计算方法求解。前者的模型试验由于不能模拟地基中的自重应力条件,因而无法准确地观测到桩基深处土层在实际应力条件下的性状及其与桩的相互作用;而现场桩静载试验影响因素过多,非大量试验难以找出规律性。后者由于计算初始参数的难确定性以及目前还未能数学地完善模拟桩的设置过程,因而在理论分析中无法考虑在施加外荷载之